

PCT

世界知的所有権機関
国際事務局

特許協力条約に基づいて公開された国際出願



| | | |
|--|----|---|
| (51) 国際特許分類 H01Q 3/26, 3/34, 21/06, 21/22, 25/00, H04B 1/04 | A1 | (11) 国際公開番号 WO98/56068 (43) 国際公開日 1998年12月10日(10.12.98) |
| (21) 国際出願番号 PCT/JP98/02382 (22) 国際出願日 1998年5月29日(29.05.98) (30) 優先権データ 特願平9/144222 1997年6月2日(02.06.97) JP (71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) エヌ・ティ・ティ移動通信網株式会社 (NTT MOBILE COMMUNICATIONS NETWORK INC.)[JP/JP] 〒105-8436 東京都港区虎ノ門二丁目10番1号 Tokyo, (JP) (72) 発明者 ; および (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ) 山口 良(YAMAGUCHI, Ryo)[JP/JP] 〒232-0066 神奈川県横浜市中区六ツ川1-158-203 Kanagawa, (JP) 恵比根佳雄(EBINE, Yoshio)[JP/JP] 〒235-0033 神奈川県横浜市磯子区杉田9-2-4-401 Kanagawa, (JP) (74) 代理人 弁理士 草野 卓, 外(KUSANO, Takashi et al.) 〒160-0022 東京都新宿区新宿四丁目2番21号 相模ビル Tokyo, (JP) | | (81) 指定国 CA, CN, JP, KR, US, 欧州特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). 添付公開書類 国際調査報告書 |
| (54) Title: ADAPTIVE ARRAY ANTENNA (54) 発明の名称 アダプティブアレイアンテナ (57) Abstract An adaptive array antenna that provides a wide range of coverage by distributing by the distributor (13) the outputs of antenna elements (11 ₁ -11 _M) each with a wide element directional pattern (12) to channel units (14 ₁ -14 _N). Connecting points (31 ₁ -31 _M) between each channel unit (14 _i) (i = 1, 2, ..., N) and the distributor (13) are divided into groups of four (P = 4), and these four connecting ends in each group are combined, via level/phase adjusters (23 ₁ -23 ₄), by a synthesizer (22 ₁ -22 ₁) (L = M/P), from which the synthesized signal is supplied to the receiver (15 ₁ -15 ₁). The outputs of the receivers (15 ₁ -15 ₁) are then combined through adjusters (16 ₁ -16 ₁), which are adaptively processed. In the channel unit (14 ₁), the adjusters (23 ₁ -23 ₄) are each set with W ₁ -W ₄ to produce a subarray directional pattern (24), within which range the combined directivity (19) is controlled. In other channel units, the adjusters (23 ₁ -23 ₄) are set with W ₅ -W ₈ to produce a subarray directional pattern (26). The whole channel units with appropriate setting of their adjusters (23 ₁ -23 ₄) provide a wide range of coverage. <p>(A) ... High frequency signal (B) ... Base band signal 15₁-15₁ ... Receiver 16 ... Adaptive signal processing unit 20 ... Subarray level/phase control unit</p> | | |

(57)要約

広い素子指向性 1 2 のアンテナ素子 1 1, ~ 1 1_M の出力を分配器 1 3 で各チャネル部 1 4, ~ 1 4_N に分配し、各チャネル部 1 4, (i=1, 2, ..., N) で分配器 1 4 との接続点 3 1, ~ 3 1_M を P=4 個ごとの群に分割し、その各群毎に 4 つの接続端をそれぞれレベル・位相調整器 2 3, ~ 2 3, を通じて合成器 2 2, ~ 2 2, (L=M/P) で合成して受信機 1 5, ~ 1 5, へ供給し、その出力を調整器 1 6, ~ 1 6, を通じて合成し、調整器 1 6, ~ 1 6, を適応処理する。チャネル部 1 4, では調整器 2 3, ~ 2 3, にそれぞれ W, ~ W, を設定して、サブアレイ指向性 2 4 を得、この範囲で合成指向性 1 9 を制御し、他のチャネル部では調整器 2 3, ~ 2 3, に W, ~ W, を設定して、サブアレイ指向性 2 6 を得、各チャネル部の調整器 2 3, ~ 2 3, の設定により、全体として広い領域をカバーする。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

| | | | | | | | |
|----|--------------|----|-----------|----|----------------|----|------------|
| AL | アルバニア | FI | フィンランド | LK | スリ・ランカ | SI | スロヴェニア |
| AM | アルメニア | FR | フランス | LR | リベリア | SK | スロヴァキア |
| AT | オーストリア | GA | ガボン | LS | レソト | SL | シエラ・レオネ |
| AU | オーストラリア | GB | 英国 | LT | リトアニア | SN | セネガル |
| AZ | アゼルバイジャン | GD | グレナダ | LU | ルクセンブルグ | SZ | スワジランド |
| BA | ボスニア・ヘルツェゴビナ | GE | グルジア | LV | ラトヴィア | TD | チャード |
| BB | バルバドス | GH | ガーナ | MC | モナコ | TG | トーゴ |
| BE | ベルギー | GM | ガンビア | MD | モルドヴァ | TJ | タジキスタン |
| BF | ブルキナ・ファソ | GN | ギニア | MG | マダガスカル | TM | トルクメニスタン |
| BG | ブルガリア | GW | ギニア・ビサウ | MK | マケドニア旧ユーゴスラヴィア | TR | トルコ |
| BJ | ベナン | GR | ギリシャ | | 共和国 | TT | トリニダード・トバゴ |
| BR | ブラジル | HR | クロアチア | ML | マリ | UA | ウクライナ |
| BY | ベラルーシ | HU | ハンガリー | MN | モンゴル | UG | ウガンダ |
| CA | カナダ | ID | インドネシア | MR | モーリタニア | US | 米国 |
| CF | 中央アフリカ | IE | アイルランド | MW | マラウイ | UZ | ウズベキスタン |
| CG | コンゴ | IL | イスラエル | MX | メキシコ | VN | ヴェトナム |
| CH | スイス | IN | インド | NE | ニジェール | YU | ユーゴスラヴィア |
| CI | コートジボアール | IS | アイスランド | NL | オランダ | ZW | ジンバブエ |
| CM | カメルーン | IT | イタリア | NO | ノルウェー | | |
| CN | 中国 | JP | 日本 | NZ | ニュージーランド | | |
| CU | キューバ | KE | ケニア | PL | ポーランド | | |
| CY | キプロス | KZ | カザフスタン | PT | ポルトガル | | |
| CZ | チェコ | KR | 韓国 | RO | ルーマニア | | |
| DE | ドイツ | KZ | カザフスタン | RU | ロシア | | |
| DK | デンマーク | LC | セントルシア | SD | スーダン | | |
| EE | エストニア | LI | リヒテンシュタイン | SE | スウェーデン | | |
| ES | スペイン | | | SG | シンガポール | | |

明細書

アダプティブアレイアンテナ

技術分野

この発明は例えば移動通信の基地局に用いられ、複数のアンテナ素子を1群として指向制御方向範囲を固定化するサブアレイ化したアダプティブアレイアンテナに関する。

従来の技術

図1は例えばTakeo Ohgane等の“A Development of GMSK/TDMA System with CM A Adaptive Array for Land Mobile Communications”, IEEE 1991, pp.172-176に示されている従来のアダプティブアレイアンテナの原理的構成を示す。M個のアンテナ素子 $11_1 \sim 11_M$ は例えば距離dの間隔で配列され、それぞれビーム幅が広い同一の素子指向性 12 を有し、高周波分配器 13 に接続され、アンテナ素子 $11_1 \sim 11_M$ の各受信信号は高周波分配器 13 で、チャンネル部 $14_1 \sim 14_N$ に分配供給され、つまり各素子の受信信号はN個に分配される。アンテナ素子間隔dは使用波長の数分の1から数倍程度である。

各チャンネル部 14_i ($i=1, 2, \dots, N$)では分配されたM個のアンテナ素子 $11_1 \sim 11_M$ よりの各受信信号がそれぞれM個の受信機 $15_1 \sim 15_M$ に供給される。受信機 $15_1 \sim 15_M$ よりの各ベースバンド信号はそれぞれレベル・位相調整器 $16_1 \sim 16_M$ を通してベースバンド合成器 17 で合成されて受信出力とされると共に、その出力はアダプティブ信号処理部 18 に分岐供給され、受信ベースバンド信号の誤差が最小になるようにレベル・位相調整器 $16_1 \sim 16_M$ が調整され干渉波方向の利得が小さくなり、希望波方向の利得が大きくなるようにアンテナ素子 $11_1 \sim 11_M$ の合成指向性 19 が例えば図1に示すように適応的制御される。これにより、基地局はNチャンネルを使ってN個の移動局との間で良好な通信が行われる。アンテナ素子数Mを増加させることにより、利得、干渉除去特性が向上する。しかしこれに伴って受信機 15 の数も増加し、かつ信号処理量が著しく増大する。

このような点から図2に示すようにアレイアンテナ素子を複数個ずつのグループ(サブアレイ)に分け、サブアレイ毎に高周波の受信信号レベルの位相制御を

行って合成し、 N チャネルに分配するアダプティブアレイアンテナが日本特許出願公開62-24702に示されている。その例では4個のアンテナ素子毎にサブアレイ2.1₁ ~ 2.1_Lを構成し、各サブアレイ毎に高周波信号合成器2.2₁ ~ 2.2_Lで受信信号を合成する。その際に、各サブアレイ毎にそのアンテナ素子出力に高周波レベル・位相調整器2.3₁ ~ 2.3_Lを設け、係数値 W_1 ~ W_L を設定して受信レベル、位相を調整し、サブアレイ2.1₁ ~ 2.1_Lに同一のアンテナ指向性2.4を与える。各高周波信号合成器2.2₁ ~ 2.2_Lの出力が高周波分配器1.3へ供給され、各チャネル部1.4₁ ~ 1.4_Nに分配される。その後の処理は図1の場合と同様である。

この場合は各チャネル部1.4₁における受信機1.5₁ ~ 1.5_Lの数が L 個、この例では $M/4$ 個になり、レベル・位相調整器1.6₁ ~ 1.6_Lも $M/4$ 個に減少し、ハードウェア量が少なくなり、しかも、アンテナ素子1.1₁ ~ 1.1_Mの全体の指向性（合成指向性）の利得が向上し、かつ干渉波の除去も良好に行われる。しかし、その合成指向性の指向方向を制御できる範囲は、サブアレイ指向性2.4の範囲に限られ、広い範囲の制御ができない。つまり、例えば各レベル・位相調整器2.3₁ ~ 2.3_Lをそれぞれ W_{s1} ~ W_{sL} に設定して図2中に1点鎖線2.6で示すようにサブアレイ指向性の方向をかえると、レベル・位相調整器1.6₁ ~ 1.6_Lにより調整できる総合指向性1.9の範囲はこの指向性2.6の範囲内でしかない。このように移動局を追尾できる範囲が制限されてしまうため、広い角度範囲をカバーするには、図3に示すように図2に示した各 M 個の素子を複数群にサブアレイ化したアレイアンテナを複数個2.7₁ ~ 2.7_Sを設け、これら各アレイアンテナ2.7₁ ~ 2.7_Sのサブアレイ指向性がビーム2.4₁ ~ 2.4_Sに示すように、順次適当な角度ずつずれて、ビーム2.4₁から2.4_Sの広い範囲のどの方向の移動局に対しても、アレイアンテナ2.7₁ ~ 2.7_Sを切替え使用することにより、広いサービス領域を確保できる。しかもこのように多くのアンテナ素子を設置することは設置上から困難になる。

アンテナ素子の数 M を減少し素子の間隔を d より広くすることが考えられる。この場合は図4に示すように素子指向性1.2のビーム幅が広ければ主ビーム1.9の他に比較的利得が大きい幅狭のグレーティングローブ2.8がほぼ一定の角度間

隔で複数の方向に発生する。グレーティングローブ 28 の方向では干渉波による BER (ビットエラーレート) が大きくなるため、使用が困難になる。一方素子指向性 12 を図 5 に示すように狭くするとグレーティングローブは発生しないが、合成指向性 19 の制御範囲が、その素子指向性 12 により制限され、広い範囲をカバーすることができない。

この発明の目的は受信器数、処理回路数及び演算量をそれ程多くすることなく、かつ、広い範囲でのサービスを可能とするアダプティブアレイアンテナを提供することにある。

発明の開示

この発明によるアダプティブアレイアンテナは、以下を含む：

それぞれのグループが少なくとも 2 つのアンテナ素子からなるサブアレイを構成し、高周波受信信号を出力する複数のグループの配列されたアンテナ素子と、

各サブアレイの複数の上記アンテナ素子からの上記高周波受信信号のレベルと位相をそれぞれ調整し、それによって上記サブアレイの指向性を設定する複数の高周波レベル・位相調整器と、

各サブアレイに対応する上記複数の高周波レベル・位相調整器が出力する調整された高周波受信信号を合成し、合成高周波信号を出力する高周波信号合成器と、

各サブアレイに対応する上記高周波信号合成器からの上記合成高周波信号をベースバンド信号に変換して出力する受信機と、

各サブアレイに対応する上記受信機からの上記ベースバンド信号のレベルと位相を適応的に調整するベースバンドレベル・位相調整器と、

それぞれのサブアレイに対応する上記ベースバンド位相調整器からの調整されたベースバンド信号を合成してベースバンド合成信号を出力するベースバンド信号合成器と、

上記ベースバンド信号合成器からの上記ベースバンド合成信号に基づいて上記複数のサブアレイにそれぞれ対応する上記ベースバンドレベル・位相調整器をそれぞれ適応的に制御し、希望波の方向に全アンテナ素子の合成指向性を合わせるアダプティブ信号処理部。

図面の簡単な説明

図 1 は従来のアダプティブアレイアンテナを示す図。

図 2 は従来のサブアレイ化アダプティブアレイアンテナを示す図。

図 3 はサービス領域を広くした従来のサブアレイ化アダプティブアレイアンテナを示す図。

図 4 は広い素子指向性のアンテナ素子の間隔を大としたアダプティブアレイアンテナを示す図。

図 5 は狭い素子指向性のアンテナ素子の間隔を大としたアダプティブアレイアンテナを示す図。

図 6 はこの発明の実施例を示す図。

図 7 は図 6 の実施例におけるサブアレイの指向性と合成指向性の関係を示す概念図。

図 8 は図 6 の実施例において、全アレイアンテナの合成指向性とサブアレイ指向性のピーク方向がずれた場合の関係を示す概念図。

図 9 は図 8 において、サブアレイ指向性のサイドローブを抑圧した場合のサブアレイ指向性を合成指向性の関係を示す概念図。

図 10 は計算機シミュレーションにより求めたサブアレイの低サイドローブ化による指向性の変化を示す図。

図 11 はアンテナ配列密度を変えることにより低サイドローブ化を行う場合の実施例を示す図。

図 12 は隣接サブアレイの間隔を $d/2$ に縮めた実施例を示すブロック図。

図 13 は図 12 の実施例による効果を説明するためのサブアレイ指向性と合成指向性の概念図。

図 14 は隣接サブアレイ間で 1 つのアンテナ素子を共用する構成とした実施例を示すブロック図。

図 15 は隣接サブアレイ間で 1 つのアンテナ素子とそれに接続されたレベル・位相調整器を共用する構成とした実施例を示すブロック図。

図 16 は隣接サブアレイを $d/2$ 重ねた構成の実施例を示すブロック図。

図 17 は各サブアレイ内のアンテナ素子間隔を両外側で $2d$ とし、隣接サブアレイを d だけ重ねた構成の実施例を示すブロック図。

図18は隣接サブアレイ間で2つのアンテナ素子を共用する構成の実施例を示すブロック図。

図19は隣接サブアレイ間で2つのアンテナ素子と、それらに接続されたレベル移動調整器を共用する構成の実施例を示すブロック図。

図20はこの発明を送信部にも適用した場合の実施例を示すブロック図。

発明を実施する最良の形態

図6にこの発明を受信用アンテナに適用した例を、図2、図3と対応する部分に同一符号を付けて示す。この実施例ではM個のアンテナ素子 $11_1 \sim 11_M$ の出力をそれぞれ高周波分配器13によりNチャネルに分配し、各チャネル部 14_i

($i=1, \dots, N$)における高周波分配器13により分配されたM個の出力が入力される。実際に使用されるアンテナ素子の数Mは、例えば8～32程度である。この発明ではアンテナ素子 $11_1 \sim 11_M$ を複数P個(Pは2以上の整数)、この例では4個ずつ $L=M/P$ 個の群(サブアレイ)に分け、その各サブアレイ毎にそのP個のアンテナ素子からの高周波受信信号に対応した高周波分配器13の出力に高周波レベル・位相調整器 $23_1 \sim 23_P$ がそれぞれ接続され、これら高周波レベル・位相調整器 $23_1 \sim 23_P$ の出力高周波受信信号は高周波信号合成器 22_j ($j=1, 2, \dots, L$)に与えられる。つまり各P個のアンテナ素子からの高周波受信信号が高周波信号合成器 22_j で合成されて、対応する受信機 15_j に供給される。各サブアレイ内のアンテナ素子数Pは、例えば2～8程度である。

アンテナ素子 $11_1 \sim 11_M$ はdの等間隔で直線又は円弧上に配列されており、従って、隣接サブアレイの外側端の間隔はdである。即ち、隣接サブアレイの中心間隔はサブアレイの幅(ここでは3d)よりdだけ長い。また各サブアレイの幅は3dである。d間隔で配列された各アンテナ素子 $11_1 \sim 11_M$ の指向性12はサービス領域をカバーする十分広い幅であり、例えばチャネル部 14_i の各サブアレイに対応する高周波レベル・位相調整器 $23_1 \sim 23_P$ にはそれぞれ係数値 $W_1 \sim W_P$ が設定される。各係数値Wは振幅と位相の情報を含んだ複素信号であり、高周波レベル・位相制御部25により例えば何れか1つのサブアレイのアンテナ素子からのそれぞれの受信電力に基づいてサブアレイ指向性のピーク方向が希望波方向と一致するように決定される。これにより各サブアレイアンテナの指

向性 24 は図 6 に示すように、例えば図 2 に示したサブアレイ指向性 24 とほぼ同じにすることができる。このチャンネル部 14_i により得られる合成指向性 19 は、アダプティブ信号処理部 18 で生成したベースバンド係数 $Z_1 \sim Z_L$ をベースバンドレベル・位相調整器 16_i \sim 16_L に与えて受信機 15_i \sim 15_L の出力ベースバンド信号の位相とレベルを調整することによりサブアレイ指向性 24 内で制御される。ベースバンド係数 $Z_1 \sim Z_L$ はそれぞれ振幅と位相の情報を有する複素信号である。

一方、図に示していないが、例えばチャンネル部 14₂ の各高周波レベル・位相調整器 23₁ \sim 23₄ に対しては係数値 $W_1' \sim W_4'$ が設定され、そのサブアレイ指向性は図中の 1 点鎖線 26 に示すように、サブアレイ指向性 24 とは異なる方向に選ぶことができる。同様にしてチャンネル部 14₁ \sim 14_N の何れかにより、例えば図 4 に示したサブアレイ指向性 24₁ \sim 24₅ の 1 つが形成され、つまり、ビーム 24₁ \sim 24₅ の全体をチャンネル部 14₁ \sim 14_N の何れかで受けもつことができるように、各チャンネル部の高周波レベル・位相調整器 23₁ \sim 23₄ が設定される。

このようにして図 3 に示した 5 通りの指向性を実現する場合に必要なアンテナ素子数を、この例では 5 分の 1 のアンテナ素子数で実現することができ、図 3 でカバーできると同じ広いサービス領域を実現できる。

図 7 は図 6 の実施例において、サブアレイの指向性と全アレイアンテナの合成指向性の相対指向性を概念的に波線 24 と実線 19 でそれぞれ示す。横軸は方位角、縦軸は受信感度（受信レベル）を表す。サブアレイの指向性 24 は、幅が広く、最大のピークを有する中央の主ローブと、その両側に幅が主ローブのほぼ半分、ピークが主ローブより低い、この例では 4 つのサイドローブとを互いに隣接して有している。サブアレイ指向性のそれぞれのローブの隣接点での受信レベルがゼロとなる点 P_z を零点と呼ぶ。合成指向性 19 は、サブアレイ指向性の主ローブ内に位置し、最大ピークが主ローブのピーク方向に一致している幅の狭いビーム状のローブと、その左右にこの例では 2 つずつ一定のピーク間隔で生じる、幅がビーム状ローブのほぼ半分、高さがそれより低いビーム状サイドローブの合計 5 つのビーム状ローブの組と、それら 5 つのビーム状ローブの組の左右に、

それらより低い同様の5つのビーム状ローブの組がエコーのように複数ほぼ同じ幅を持って生じる。これら各エコーの組の中央のビーム状ローブはその両側のビーム状ローブ（ビーム状サイドローブ）より高く、その幅はビーム状サイドローブ幅のほぼ倍となっている。従って、それぞれの組の最大ピークのビーム状ローブは、合成指向性19の最大ピークのビームから等角度間隔で生じ、グレーティングローブと呼ばれている。

図7の例では、全アレイアンテナの合成指向性19の最大ピーク方向とサブアレイ指向性の最大ピーク方向（以下、単にピーク方向と呼ぶ）が一致している、即ち、横軸上の同じ角度位置にある場合であり、これらグレーティングローブ R_0 がサブアレイ指向性の零点 P_2 にあるので、それらの方向におけるグレーティングローブは低く抑えられ、干渉波の影響はほとんどない。

ところで、移動通信システムにおいて、移動局が移動するにつれ基地局は移動局のおおよその方向にサブアレイ指向性のピークを追従させる修正を比較的長い時間間隔（例えば数秒～数10秒間隔）で繰り返す。あるいは、サブアレイ指向性が1つのセクタ（セルを基地局を中心として等角度間隔、例えば60度間隔に区分した1つのサービス領域）の角度範囲をカバーする場合は、サブアレイの指向性をそのセクタの角度範囲に合わせて固定的に設定する。これらのサブアレイ指向性の設定はサブアレイレベル・位相制御部25から高周波レベル・位相調整器23₁～23₄に設定する係数 W_1 ～ W_4 により制御される。

一方、移動局が移動するにつれ、基地局は受信ベースバンド信号のレベルと位相をベースバンドレベル・位相調整器16₁～16₄により適応的に制御して全アレイアンテナの合成指向性のピーク方向を移動局の方向に常時追従させる。従って、サブアレイの指向性が設定され、一定に保持されている間に、全アレイアンテナの合成指向性のピーク方向を移動局に追従させると、図8に示すように合成指向性のピーク方向がサブアレイの主ローブのピーク方向からこの例では左にずれていくことになる。この様なピーク方向のずれが生じると、図8に示すように合成指向性がサブアレイ指向性に対し全体的に左にずれ、その結果、グレーティングローブ R_0 の位置が零点 P_2 から左にずれ、サブアレイの指向性ローブの中に入っていく。その結果、グレーティングローブ R_0 が大きくなり、それらのグ

レーティングローブ方向の干渉波の影響を受け、BERが悪化することになる。

この様に、サブアレイ化したアダプティブアレイアンテナでは、合成指向性のピーク方向がサブアレイ指向性のピーク方向からずれると、サブアレイのローブにグレーティングローブ R_0 が入ってくるため、そのずれが干渉特性に直接的に影響を与えてくる。この様な指向性のピーク方向のずれが避けられないとした場合、グレーティングの影響を小さくする1つの方法としては、サブアレイのサイドローブを低く抑圧することによりグレーティングローブを低くすることが考えられる。そこで、サイドローブにグレーティングローブが生じるのを抑える1つの方法として、図6の実施例において、複数個（3個以上）のアンテナ素子からなる各サブアレイの、両外側端アンテナ素子の、内側アンテナ素子に対する電力比を1より小さくして電力合成することが考えられる。

図9はサブアレイの両側端のアンテナ素子からの高周波受信信号の合成比率を、内側のアンテナ素子からの高周波受信信号に対し、例えば0.5と低くした場合のサブアレイ指向性24と全アレイアンテナの合成指向性19を概念的に示す。図に示すように、サブアレイ指向性のサイドローブを低く押さえることにより、それらのサイドローブ内のグレーティングローブ R_0 が低く抑えられている。この様な低サイドローブ化を具体的に行うには、例えば図6の実施例においてサブアレイに対応した高周波信号合成器22₁～22₄のそれぞれにおいて、4つの高周波レベル・位相調整器23₁～23₄の出力を高周波信号合成器22₁で合成する場合に、4つのアンテナ素子の両外側端2つと両内側2つの合成比率を例えば0.5:1にする。

図10は4つのアンテナ素子からなる各サブアレイの指向性のピーク方向が30°方向の場合に、高周波信号合成器22₁において1:1:1:1の合成を行う場合と、0.75:1:1:0.75の合成を行う場合と、0.5:1:1:0.5の合成を行う場合のサブアレイ指向性を計算機シミュレーションにより求め、それぞれ曲線#0、#1、#2で示す。図から明らかなように、サブアレイの両外側端に対応するアンテナ出力の合成比を小さくするにつれ、サイドローブが小さくなっている。これにより、サブアレイ指向性のサイドローブ領域に生じる全アレイアンテナの合成指向性19のグレーティングローブを抑制することができる。

この様に、サブアレイの受信信号の合成比を制御することによりサイドローブを低く抑えることができるが、もう1つの方法として、合成比を制御する代わりに、各サブアレイのアンテナ素子の配列密度を制御することによっても低サイドローブ化が可能である。即ち、各サブアレイの中央部での配列間隔より長い間隔でその両外側のアンテナ素子を配列することにより、サブアレイの両外側部からの受信信号電力をそれらより内側のアンテナ素子からの受信信号電力より小さくすることができ、従って、高周波信号合成器221～224で合成比を制御したと同等の効果が得られる。図11は、サブアレイにおけるアンテナ素子配列密度を変えることにより低サイドローブ化を実現する場合の実施例を示す。この例では、図6の実施例における各サブアレイの中央の2つのアンテナ素子の間隔を d より狭めることにより、その両側のアンテナ素子との間隔を d より広げた場合を示す。ただし、サブアレイの幅は図6の場合と同じ $3d$ とする。この実施例では、高周波信号合成器221～224では、入力された受信信号の電力比を変えず、そのまま合成する。

この様に、各サブアレイの両外側部でのアンテナ素子の配列間隔を、それより内側の配列間隔より大きくすることにより、サブアレイの両外側部のアンテナ素子からの受信信号電力を、それらの内側のアンテナ素子からの受信信号電力より小さくすることができ、従って、サブアレイ指向性のサイドローブを低くすることができる。即ち、図6に示すこの発明の原理的な実施例に対し、更にサブアレイ指向性を低サイドローブ化するには、図6あるいは図11で説明した方法により、結果的に各サブアレイの両外側部のアンテナ素子からの受信信号電力を、それより内側のアンテナ素子からの受信信号電力より小さくすればよい。勿論、図6で説明した高周波信号合成器における電力合成比の制御と、図11で示したサブアレイにおけるアンテナ素子配列間隔の調整とを組み合わせて使用してもよいことは明らかである。従って、以下の低サイドローブ化を行う他の実施例を説明する図において、特にサブアレイのアンテナ素子間隔が指定されていない場合は、等間隔とし、低サイドローブ化は高周波信号合成器221～224で実施するか、又は高周波信号合成器での合成比は変更せず、アンテナ素子の配列間隔を調整して低サイドローブ化を実施するか、又はその両方を組み合わせて実施するか、こ

れらのいずれでもよい。

ところで、図9及び10に示されるように、実際には、サブアレイ指向性のサイドローブを抑圧するにつれ、サブアレイ指向性の主ローブの幅が広がって行くため、図9に示すようにサブアレイ指向性の主ローブ内にグレーティングローブが入ってしまうことが生じる。従って、サブアレイ指向性の低サイドローブ化と主ローブ幅の一定化を両立させるサブアレイが望まれる。そのためには、主ローブの幅の広がり逆を逆に縮めるか、又は主ローブの幅の広がりに応じてグレーティングローブの生じる間隔を広げればよい。前者の方法は隣接サブアレイの中心間隔を縮めることにより実現でき、後者の方法は各サブアレイのアンテナ素子数を増加することにより実現できる。

まず、隣接サブアレイの中心間隔を狭くすることにより、低サイドローブ化にともなうサブアレイの主ローブの広がりを抑える実施例を以下に示す。以下の各実施例においては、アレイアンテナの全素子数 M と各サブアレイの素子数を特定の数で説明するが、この発明はこれらの数に限定されるものではない。

図12の実施例では、アンテナアレイの全素子数 M は16、各サブアレイのアンテナ素子数は4である。比較説明のため、各サブアレイの幅は図6及び11の場合と同じ $3d$ とする。前述と同様に、各サブアレイのアンテナ素子からの高周波受信信号は、高周波レベル・位相調整器23₁～23₄を経て各高周波信号合成器22_j ($j=1, \dots, 4$) において合成される。サブアレイ指向性のサイドローブは高周波信号合成器22_j においてサブアレイの両外側端のアンテナ素子からの受信信号電力を内側の両アンテナ素子からの受信信号電力より小さくして合成するか、又は各サブアレイの中央2つのアンテナ素子間隔をそれらの外側のアンテナ素子との間隔より小さくすることにより各サブアレイ指向性のサイドローブを低くしているものとする（低サイドローブ化）。更に、この実施例では、隣接するサブアレイの隣接する外側端のアンテナ素子の間隔、即ち、第4と第5アンテナ素子11₄と11₅の間隔、第8と第9アンテナ素子11₈と11₉の間隔、及び第12と第13アンテナ素子11₁₂と11₁₃の間隔をそれぞれ d より小、ここでは $d/2$ にすることにより隣接サブアレイの中心間隔を図6及び11の場合の $4d$ より小さい $3.5d$ とする。その他の構成は図6と同様である。この様に、隣接サブアレイ中

心間隔を縮めることにより、図13に概念的に示すように、サブアレイ指向性の主ローブの広がりを抑えることができ、それによって低サイドローブ化によるグレーティングローブの主ローブ内への侵入を抑えることができる。

図14の実施例は、図12の実施例における隣接サブアレイの隣接する外側端のアンテナ素子間の間隔を零にした場合である。即ち、隣接サブアレイの中心間隔 $3d$ はサブアレイの幅 $3d$ と等しくされている。この場合、隣接サブアレイの外側端のアンテナ素子は一体化（共通化）され、その結果、全アンテナアレイの素子数は13に減っている。隣接サブアレイにより共用されているアンテナ素子 11_4 , 11_7 , 11_{10} からの受信電力は2等分されてそれぞれ隣接サブアレイの第4及び第1高周波レベル・位相調整器 23_4 , 23_1 に与えられる。低サイドローブ化の方法は前述した2つの方法のいずれを使ってもよい。この実施例においても低サイドローブ化によるサブアレイの主ローブの広がりを抑え、グレーティングローブが主ローブに入るのを抑えることができる。

図15の実施例は、図14の実施例において隣接サブアレイ間で共用されるアンテナ素子 11_4 , 11_7 , 11_{10} の各出力に接続される2つの高周波レベル・位相調整器 23_4 , 23_1 をも1つの高周波レベル・位相調整器 23 により共用する場合である。従って、共用される各高周波レベル・位相調整器 23 の出力が隣接サブアレイに等分配され、それぞれの高周波信号合成器 22_{j+1} ($j=1, 2, 3$)に与えられる。サブアレイ指向性の低サイドローブ化の方法は前述の2つの方法のいずれを使っても良い。

図16の実施例は、図12の実施例において隣接サブアレイの中心間隔を更に互いに近づけ、サブアレイ幅 $3d$ より小さくした場合である。ここでは図12の実施例において隣接サブアレイの中心間隔を更に d だけ相対的に近づく方向に移動させて中心間隔を $2.5d$ とし、その結果、隣接サブアレイが $d/2$ だけ互いに重なり合った配置となっている。即ち、隣接する2つのサブアレイの一方の第4アンテナ素子 11_4 , 11_7 , 11_{10} が他方のサブアレイの第1アンテナ素子 11_1 , 11_2 , 11_3 と第2アンテナ素子 11_6 , 11_9 , 11_{12} の中央に位置するように、隣接サブアレイが互いに重なり合っている。

図17は、図16の実施例と同様に、隣接サブアレイ間は重なるように配置さ

れるが、隣接サブアレイ間の $d/2$ の重なり部の隣接アンテナ素子の干渉が大きくなってしまうので、隣接サブアレイの重なり部におけるアンテナ素子が同じ d 間隔となるように、各サブアレイの第1と第2アンテナ素子間と、第3と第4アンテナ素子間隔は $2d$ に広げられている。その結果、各サブアレイの幅は $5d$ となり、サブアレイの中心間隔は $4d$ となっている。この実施例では、各サブアレイの外側部のアンテナ素子間隔が内側部のアンテナ素子間隔 d より広い $2d$ とされているので、これによりサブアレイ指向性が低サイドローブ化されている。

図18の実施例では、隣接サブアレイの中心間隔は図6の実施例の場合と同じ $4d$ であるが、各サブアレイのアンテナ素子数を前述の実施例より増やして、この例では6とし、それによって合成指向性のグレーティングローブが生じる間隔を広げることにより、低サイドローブ化で広がったサブアレイの主ローブへグレーティングローブが入り込むのを抑えている。この実施例では、隣接サブアレイ間で2つのアンテナ素子を共用する構成としているため、アレイアンテナの全素子数 M は18であり、 d の間隔で配列されている。各共用アンテナ素子、(例えば11s)の受信電力は隣接サブアレイに等分配又は異なる比に分配され、それぞれ隣接サブアレイの高周波レベル・位相調整器例えば(23i, 23s)に供給される。各サブアレイのそれぞれの高周波レベル・位相調整器23i~23sの出力は高周波信号合成器22iに与えられる。この実施例では隣接サブアレイの重なり部で2つのアンテナ素子を共用することにより、大きな重なりを実現している。低サイドローブ化は、各サブアレイにおいて中央2つのアンテナ素子からの受信電力に対し、外側のアンテナ素子になるほど、小さい合成比で高周波信号合成器22iにより合成するか、あるいは各サブアレイにおいて外側部のアンテナ素子間隔より内側部のアンテナ素子間隔を小さくすることにより実施される。

図19は、図18の実施例と同様に、各サブアレイのアンテナ素子数を6に増やすと共に、隣接サブアレイ間で2つのアンテナ素子を共用するが、この実施例では更に、それら2つの共用アンテナ素子からの高周波受信電力がそれぞれ与えられる2つの高周波レベル・位相調整器も共用し、それら共用される各高周波レベル・位相調整器の出力が隣接サブアレイにそれぞれ等分配される。各サブアレイにおける低サイドローブ化の方法は図19の実施例の場合と同様である。

上述の各実施例ではこの発明を多チャネルの受信装置に適用した場合を示したが、1チャネルの受信装置に適用してもこの発明の効果が得られる。

この発明は、更に送信装置にも適用することができる。その実施例を図20に示す。図20の実施例では、各チャネルを受信部100と送信部200で構成する。受信部100は、例えば図6の実施例におけるチャネル14₁に示す構成と同じものを使用する。この場合、送信部200の構成は図6のベースバンド信号合成器17に対応して送信すべき入力ベースバンド信号をL個に分配するベースバンドハイブリッド31が設けられ、ベースバンドレベル・位相調整器16₁～16_Lに対応してベースバンドレベル・位相調整器32₁～32_Lが設けられ、受信機15₁～15_Lに対応して送信機33₁～33_Lが設けられ、高周波信号合成器22₁～22_Lに対応して高周波送信信号を分配する高周波ハイブリッド34₁～34_Lが設けられ、高周波レベル・位相調整器23₁～23_Lに対応して高周波レベル・位相調整器35₁～35_Lが設けられている。高周波レベル・位相調整器35₁～35_Lからの高周波送信信号は高周波分配器13に与えられ、対応するサブアレイの対応するアンテナ素子に送出される。

移動局と基地局間の交信において、短時間内であれば、上り送信信号と下り送信信号はほぼ同じ伝送路を通ると見なすことができる。従って、基地局が受信時に設定したサブアレイ指向性と、全アレイアンテナの合成指向性をそのまま送信時に使用することができる。そこで、図20に示すように、送信部200のベースバンドレベル・位相調整器32₁～32_Lに波受信部100のアダプティブ信号処理部18で生成したベースバンド係数Z₁～Z_Lをそのまま設定する。更に、高周波レベル・位相調整器35₁～35_Lには、受信部100のサブアレイレベル・位相制御部25で決定した係数W₁～W_Lがそのまま設定される。従って、受信部100による受信時に得られるのと同じサブアレイ指向性と合成指向性で送信が可能となる。

図20では受信部100として図6の構成を使用する場合について説明したが、前述した他のどの実施例を使用してもよい。その場合は、図20の場合と同様に、送信部を、その受信部と対応して構成すればよい。

発明の効果

以上述べたようにこの発明によればアンテナ素子配列のサブアレイ化により、受信器数、処理回路数及び演算量をそれ程増やさずに、広い範囲の制御可能な合成指向性を実現すると共に、受信機の数进行少なくすることができる。この発明を多チャンネルの受信機に適用した場合、各チャンネル部毎にサブアレイ指向方向を互いに異なる方向に固定化し、チャンネル部間の切替えにより、広い範囲のサービス領域を得ることができる。つまり従来のサブアレイ化（図2）にもとづく効果（高利得、干渉波除去）を保持し、しかも、受信器数、処理回路数及び演算量をそれほど増加することなく、広いサービス領域を形成することができる。

またこの発明を送信装置に適用することができる。

請求の範囲

1. アダプティブアレイアンテナであり、以下を含む：

それぞれのグループが少なくとも2つのアンテナ素子からなるサブアレイを構成し、高周波受信信号を出力する複数のグループの配列されたアンテナ素子と、

各サブアレイの複数の上記アンテナ素子からの上記高周波受信信号のレベルと位相をそれぞれ調整し、それによって上記サブアレイの指向性を設定する複数の高周波レベル・位相調整器と、

各サブアレイに対応する上記複数の高周波レベル・位相調整器が出力する調整された高周波受信信号を合成し、合成高周波信号を出力する高周波信号合成器と、

各サブアレイに対応する上記高周波信号合成器からの上記合成高周波信号をベースバンド信号に変換して出力する受信機と、

各サブアレイに対応する上記受信機からの上記ベースバンド信号のレベルと位相を適応的に調整するベースバンドレベル・位相調整器と、

それぞれのサブアレイに対応する上記ベースバンド位相調整器からの調整されたベースバンド信号を合成してベースバンド合成信号を出力するベースバンド信号合成器と、

上記ベースバンド信号合成器からの上記ベースバンド合成信号に基づいて上記複数のサブアレイにそれぞれ対応する上記ベースバンドレベル・位相調整器をそれぞれ適応的に制御し、希望波の方向に全アンテナ素子の合成指向性を合わせるアダプティブ信号処理部。

2. 請求項1記載のアダプティブアレイアンテナにおいて、各サブアレイを構成するグループのアンテナ素子数は3以上であり、各上記グループに対応する上記高周波信号合成器は、対応する上記グループの配列された上記複数のアンテナ素子からの高周波受信信号を、そのグループの両外側端のアンテナ素子からの高周波受信信号の電力の、それらの内側のアンテナ素子からの高周波受信信号の電力に対する比を1より小にして合成する合成器であり、それによって上記サブアレイの指向性のサイドローブを抑圧する。

3. 請求項1記載のアダプティブアレイアンテナにおいて、各上記サブアレイの中央部のアンテナ素子の配列間隔より、その両側のアンテナ素子の配列間隔は広

くされており、それによって上記サブアレイの指向性のサイドローブを抑圧している。

4. 請求項2又は3記載のアダプティブアレイアンテナにおいて、各上記サブアレイのアンテナ素子間隔は等しく第1の間隔とされ、隣接するサブアレイに属する隣接するアンテナ素子間隔を上記第1の間隔より小さい第2の間隔としている。

5. 請求項2又は3記載のアダプティブアレイアンテナにおいて、上記第2の間隔は0であり、上記隣接するサブアレイに属する隣接するアンテナ素子として1つのアンテナ素子が共用され、上記共用されたアンテナ素子からの受信信号電力が2等分配され上記隣接するサブアレイに対応する2つの上記高周波レベル・位相調整器にそれぞれ与えられる。

6. 請求項2又は3記載のアダプティブアレイアンテナにおいて、上記第2の間隔は0であり、上記隣接するサブアレイに属する隣接するアンテナ素子として1つのアンテナ素子が共用され、上記隣接するサブアレイに属するアンテナ素子に対応する上記高周波レベル・位相調整器として1つの高周波レベル・位相調整器が共用され、各上記共用されたアンテナ素子からの受信信号が上記共用された高周波レベル・位相調整器に与えられ、その出力受信信号が上記隣接するサブアレイにそれぞれ対応する上記高周波信号合成器に等分配される。

7. 請求項2記載のアダプティブアレイアンテナにおいて、上記サブアレイのアンテナ素子間隔は等しく、隣接する上記サブアレイは互いに上記アンテナ素子間隔の半分が重なって配置されている。

8. 請求項3記載のアダプティブアレイアンテナにおいて、上記サブアレイの両外側端のアンテナ素子と、それらに隣接する内側のアンテナ素子との間の第1間隔は、それらの内側のアンテナ素子間の第2間隔の2倍とされ、隣接サブアレイは互いに上記第2間隔だけ重なって配置されている。

9. 請求項2又は3記載のアダプティブアレイアンテナにおいて、各上記サブアレイは少なくとも6つのアンテナ素子を有し、隣接する上記サブアレイ間で2つのアンテナ素子が共有され、各共有されたアンテナ素子からの受信信号は隣接サブアレイがそれぞれ属するグループに等分配され、それぞれのグループ内に対応

する高周波レベル・位相調整器に与えられる。

1 0. 請求項 2 又は 3 記載のアダプティブアレイアンテナにおいて、各上記サブアレイは少なくとも 6 つのアンテナ素子を有し、隣接する上記サブアレイ間で 2 つのアンテナ素子が共有され、上記隣接するサブアレイ間で 2 つの高周波レベル・位相調整器が共有され、各共有された 2 つのアンテナ素子からの受信信号はそれぞれ上記共有された 2 つの高周波レベル・位相調整器に与えられ、各上記共有されたレベル・位相調整器の出力は上記隣接するサブアレイの上記高周波信号合成器にそれぞれ等分配される。

1 1. 請求項 1 ～ 8 のいずれかに記載のアダプティブアレイアンテナにおいて、各上記サブアレイのアンテナ素子は少なくとも 4 つであり、上記サブアレイは少なくとも 2 つある。

1 2. 請求項 1 ～ 1 0 の何れかに記載のアダプティブアレイアンテナにおいて、少なくとも 1 つのサブアレイの上記複数のアンテナ素子からの受信信号に基づいて、上記サブアレイの指向性のピーク方向が希望波方向となるように、各上記サブアレイに対応する上記複数の高周波レベル・位相調整器にそれぞれ設定する係数を決定し、それらの係数の組を上記複数のサブアレイに対応する上記複数の高周波レベル・位相調整器に設定するサブアレイレベル・位相制御部が設けられている。

1 3. 請求項 1 ～ 1 0 の何れかに記載のアダプティブアレイアンテナにおいて、各サブアレイに対応する上記複数の高周波レベル・位相調整器と、各サブアレイに対応する上記高周波信号合成器と、各サブアレイに対応する上記受信機と、各サブアレイに対応する上記ベースバンドレベル・位相調整器と、上記ベースバンド信号合成器と、上記アダプティブ信号処理部との組は複数のチャネル分だけ設けられ、各上記アンテナ素子からの受信信号を上記複数チャネルに分配し、対応する高周波レベル・位相調整器に与える高周波分配器が設けられている。

1 4. 請求項 1 2 記載のアダプティブアレイアンテナにおいて、更に、

送信ベースバンド信号をそれぞれのサブアレイに対応して分配するベースバンドハイブリッドと、

上記アダプティブ信号処理部からの各サブアレイに対応する係数が設定され、

上記ベースバンド送信信号のレベルと位相を調整するベースバンド送信レベル・位相調整器と、

各サブアレイに対応する上記ベースバンド送信レベル・位相調整器からの上記ベースバンド送信信号を高周波送信信号に変換して出力する送信機と、

各サブアレイの複数の上記アンテナ素子からの上記高周波受信信号のレベルと位相をそれぞれ調整し、それによって上記サブアレイの指向性を設定する複数の高周波レベル・位相調整器と、

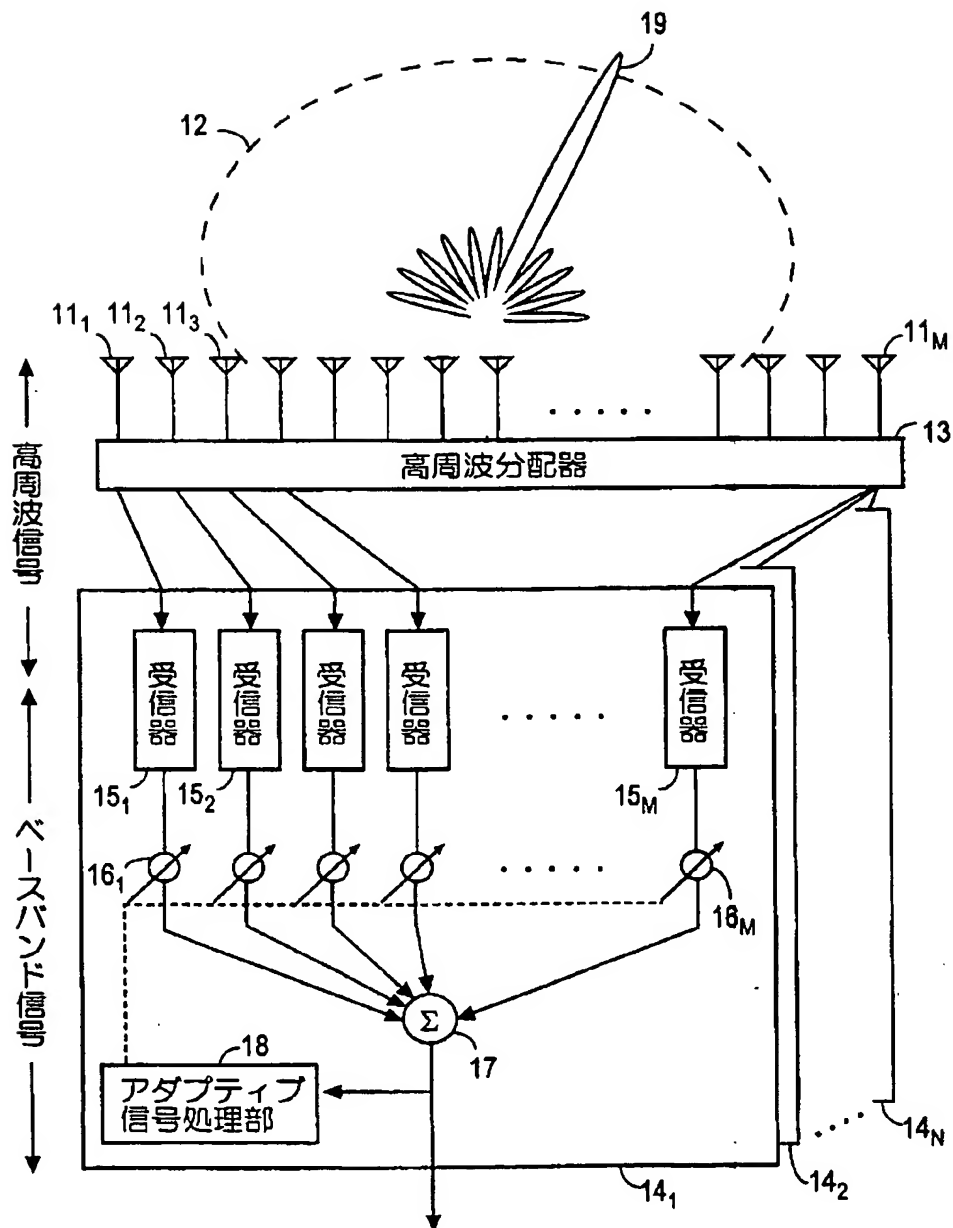
各サブアレイに対応する上記高周波送信信号をそのサブアレイの複数のアンテナ素子に対応して複数の分配する高周波ハイブリッドと、

上記サブアレイレベル・位相制御部から上記各サブアレイの高周波レベル・位相係数が与えられ、それに従って上記分配された複数の高周波送信信号のレベルと位相を調整して出力する高周波送信レベル・位相調整器と、

上記高周波送信レベル・位相調整器の出力を対応するアンテナ素子にそれぞれ送出する高周波分配器と、
を含む。

1/18

図 1



2/18

図 2

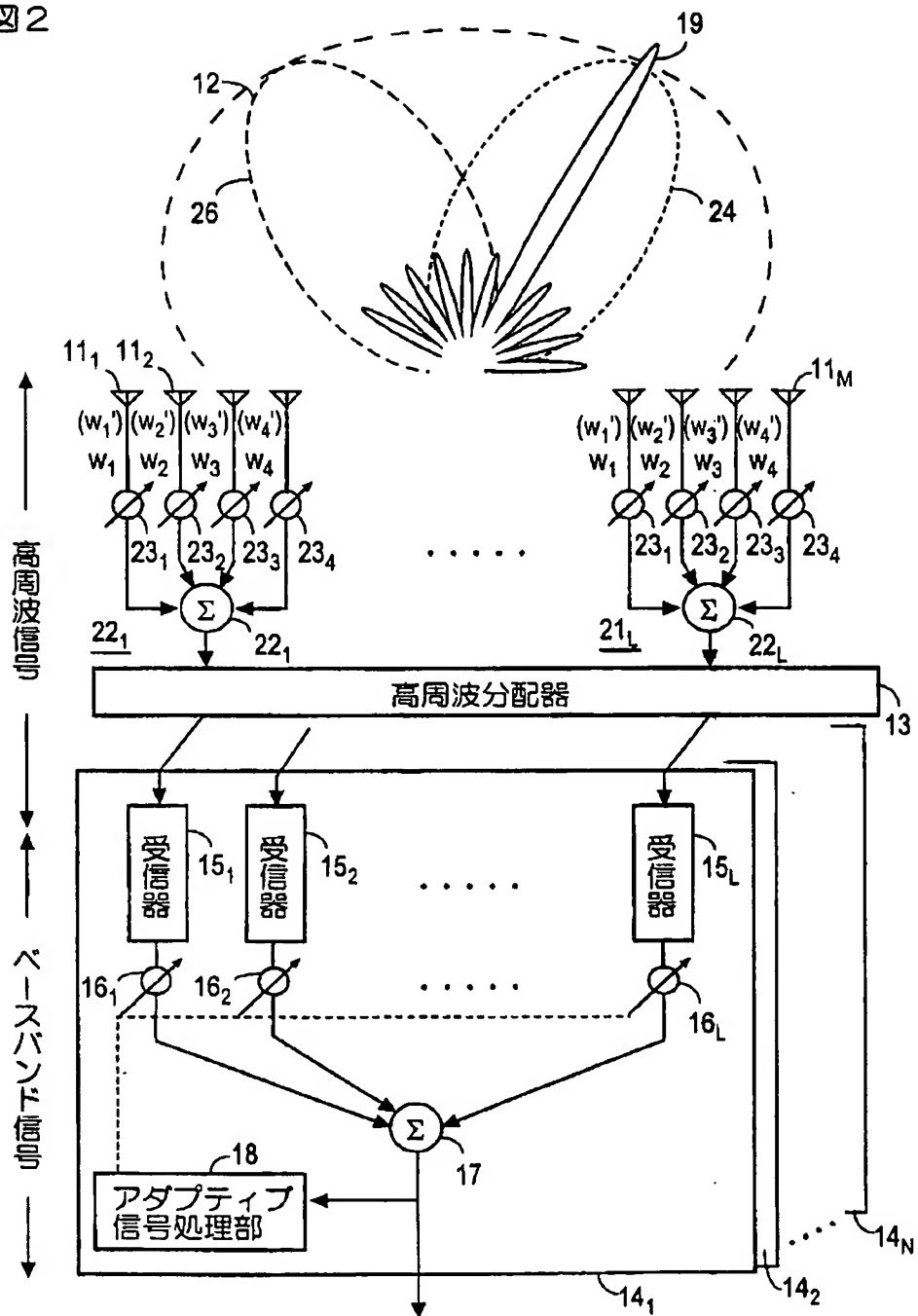
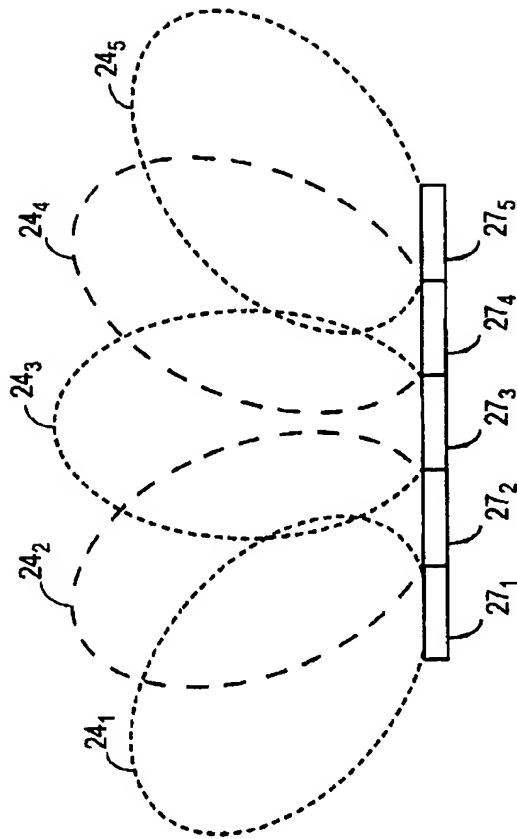
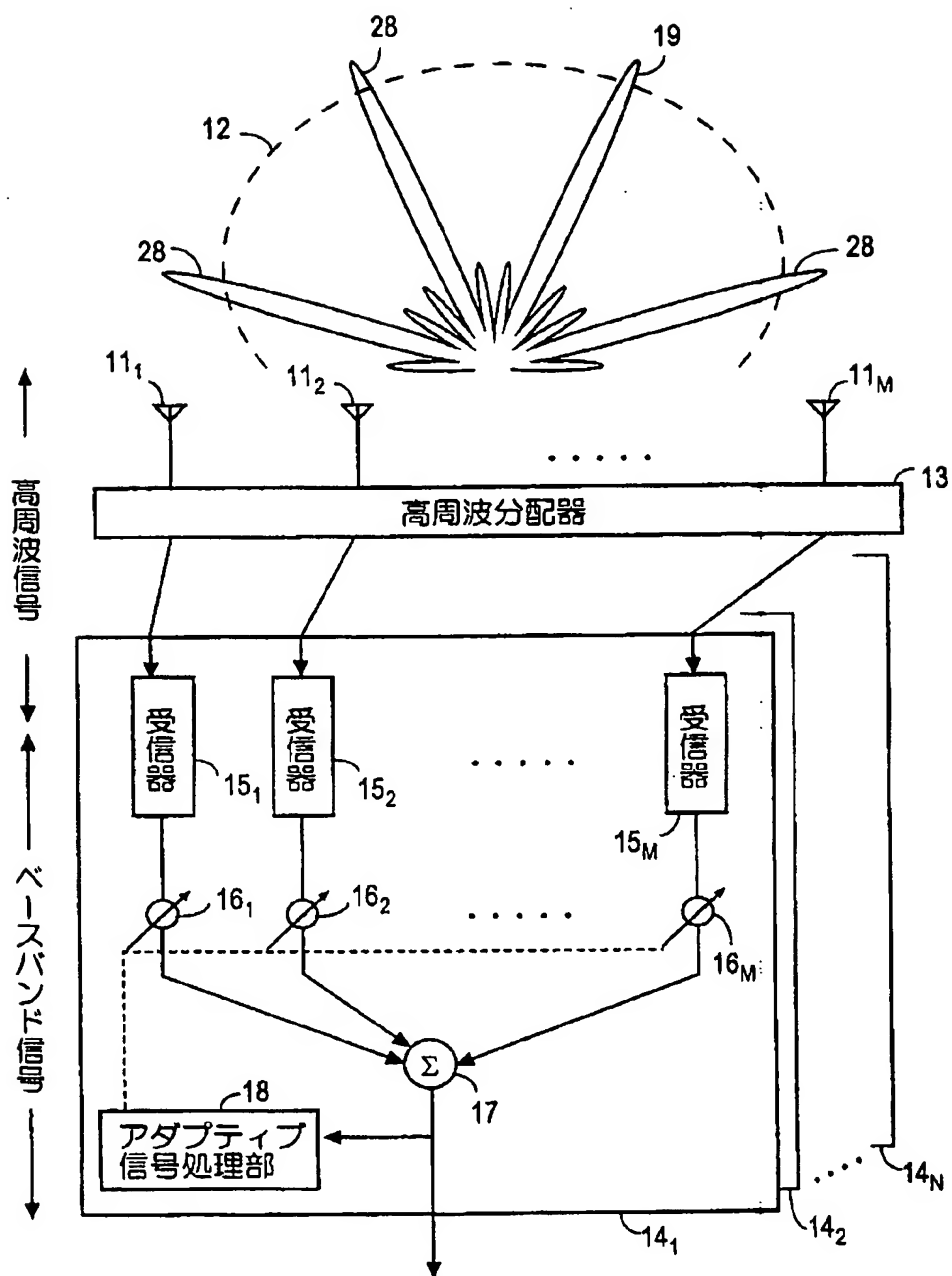


図3



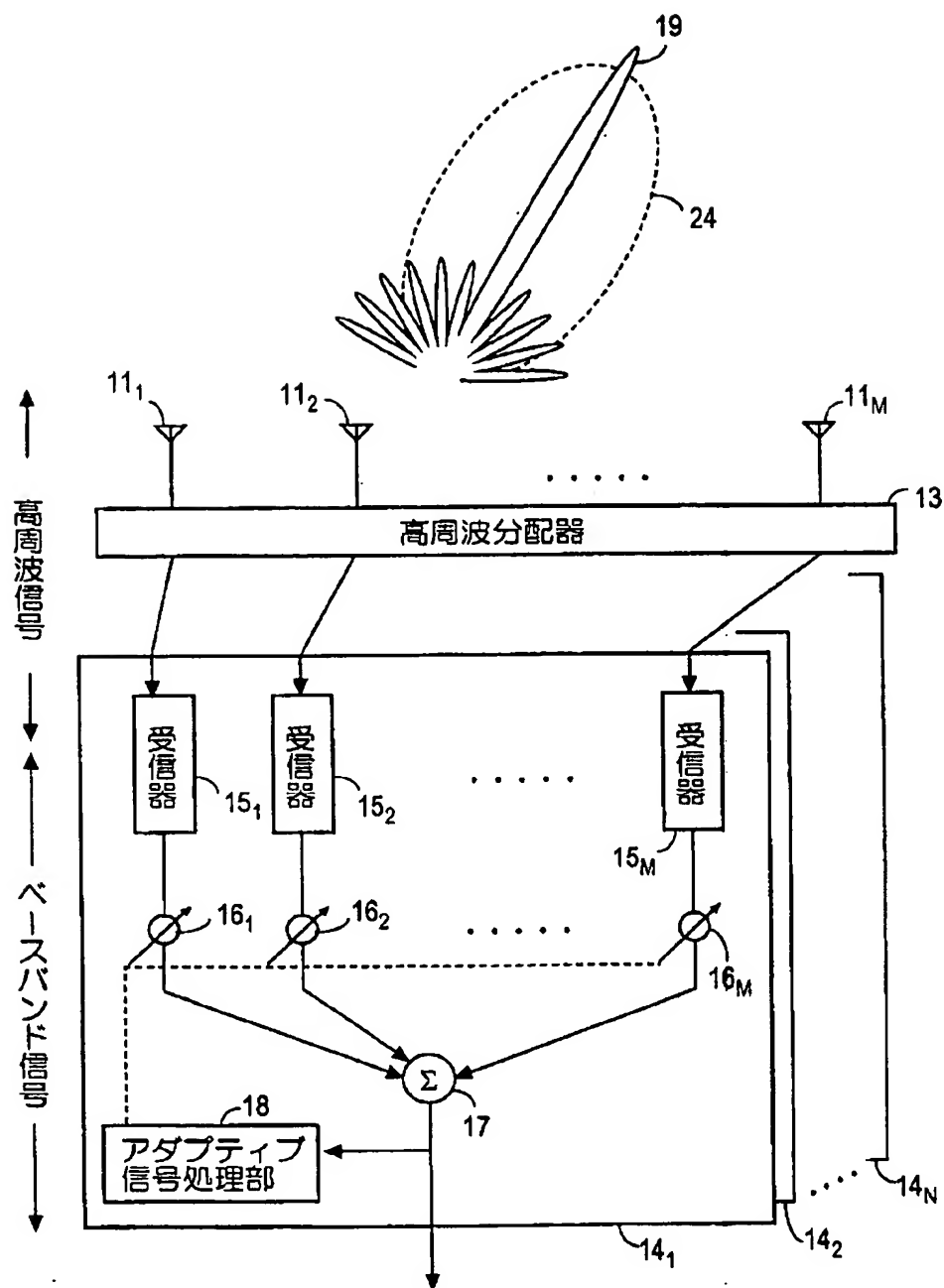
4/18

図 4



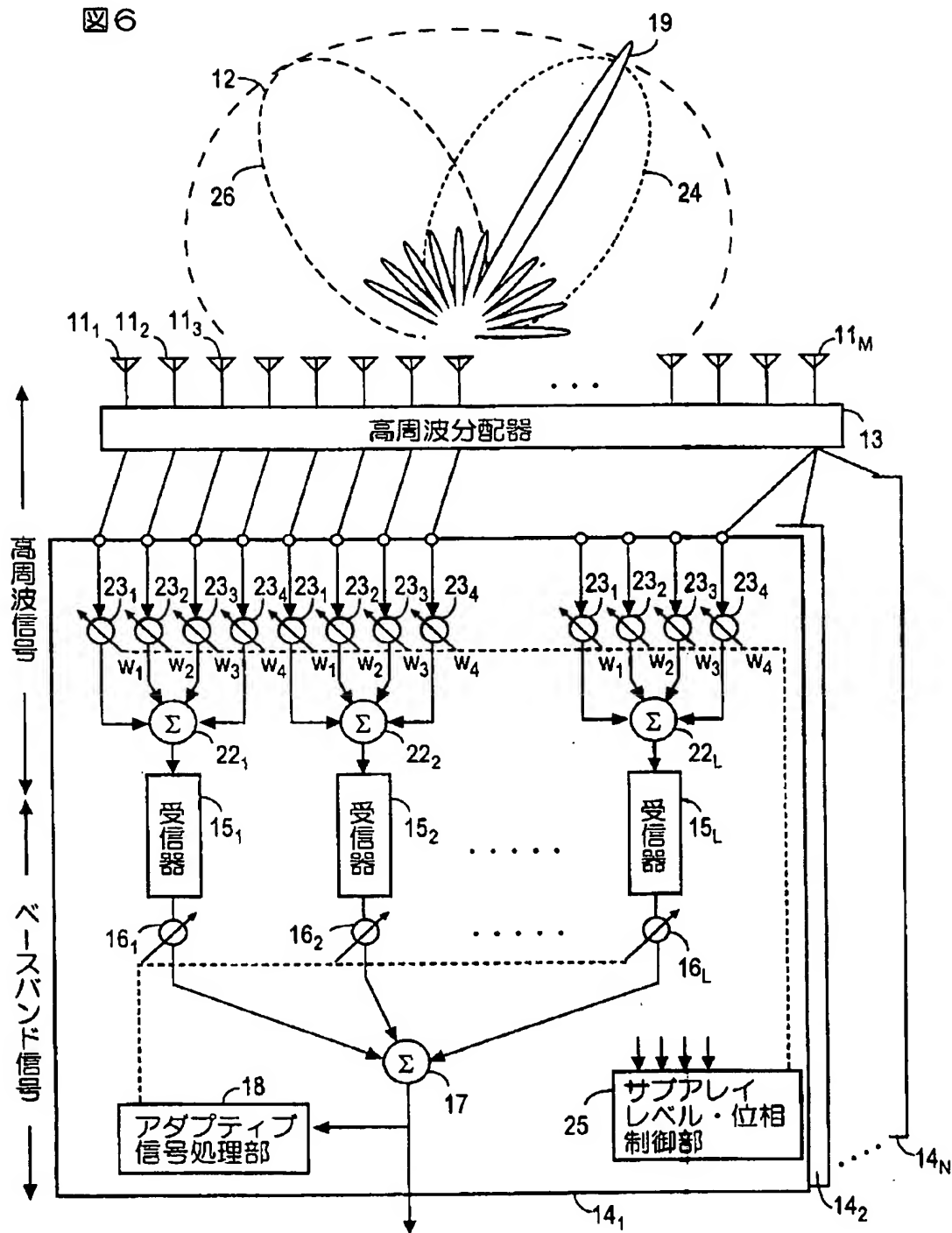
5/18

図 5



6/18

図6



7/18

図 7

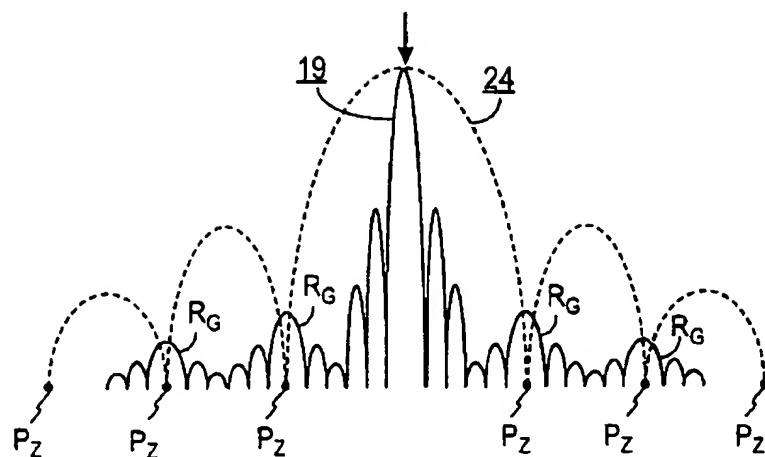


図 8

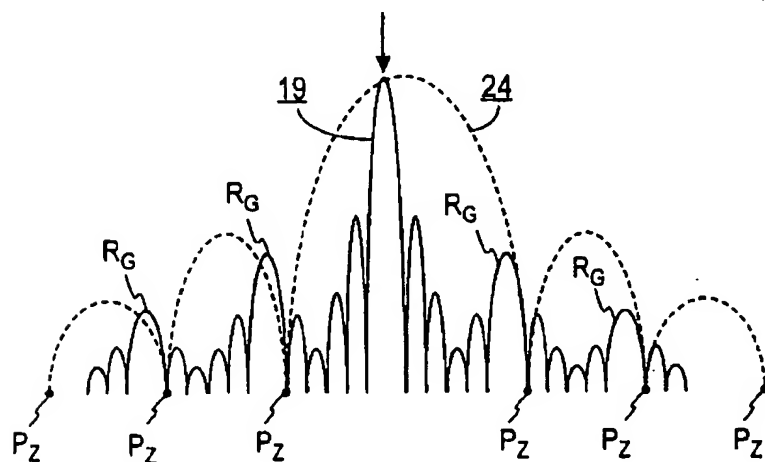
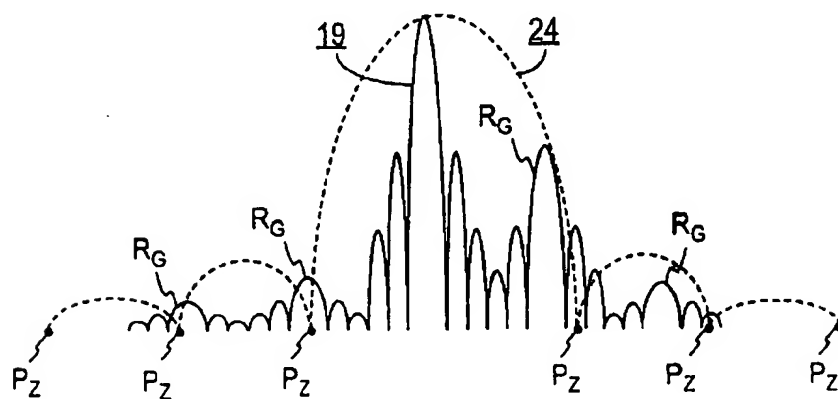
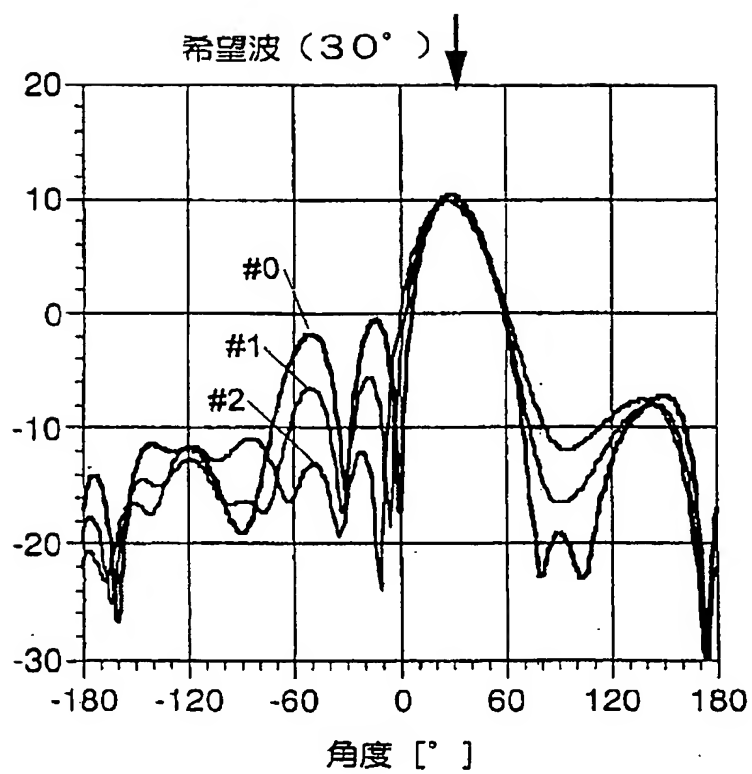


図 9

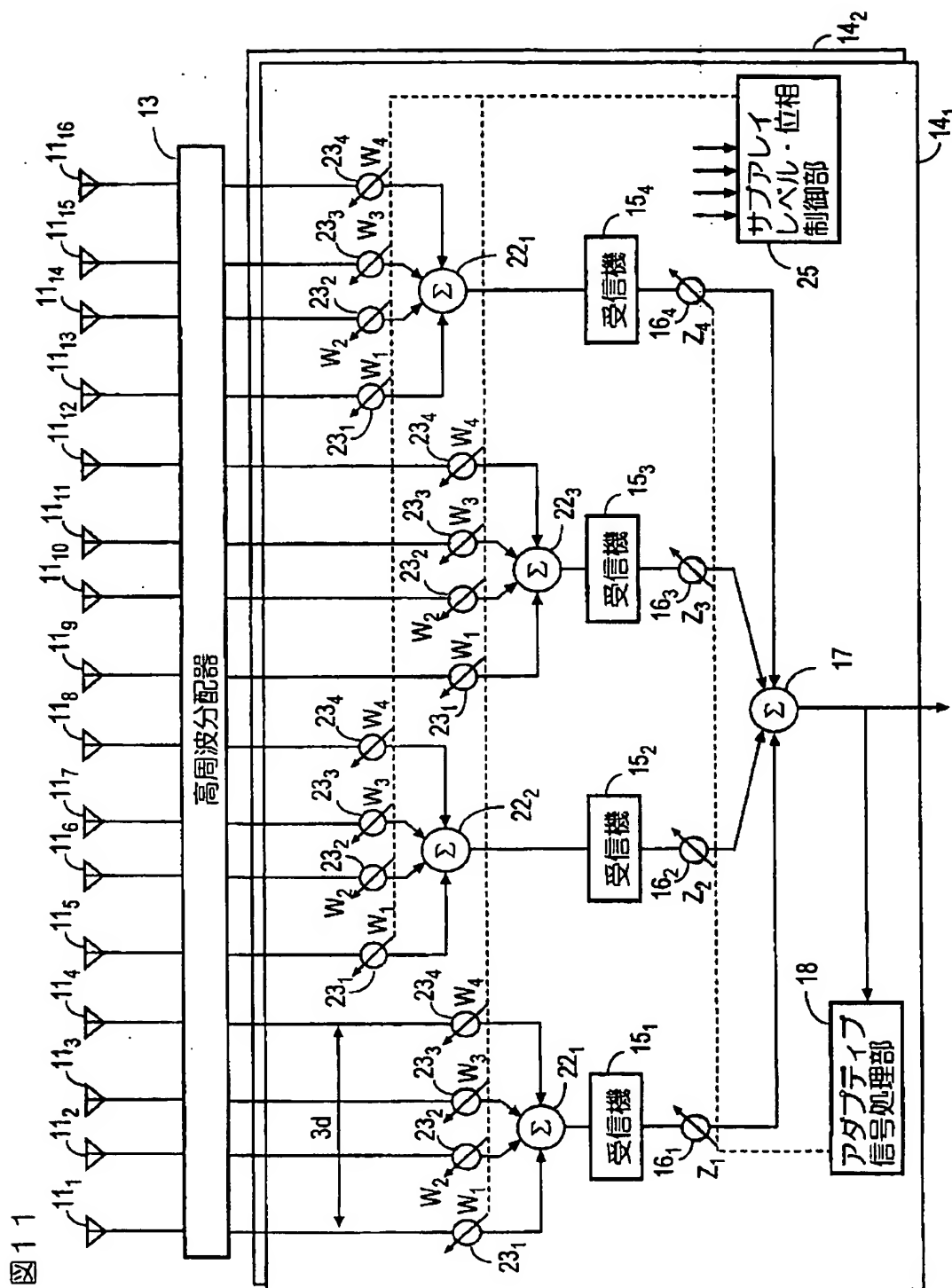


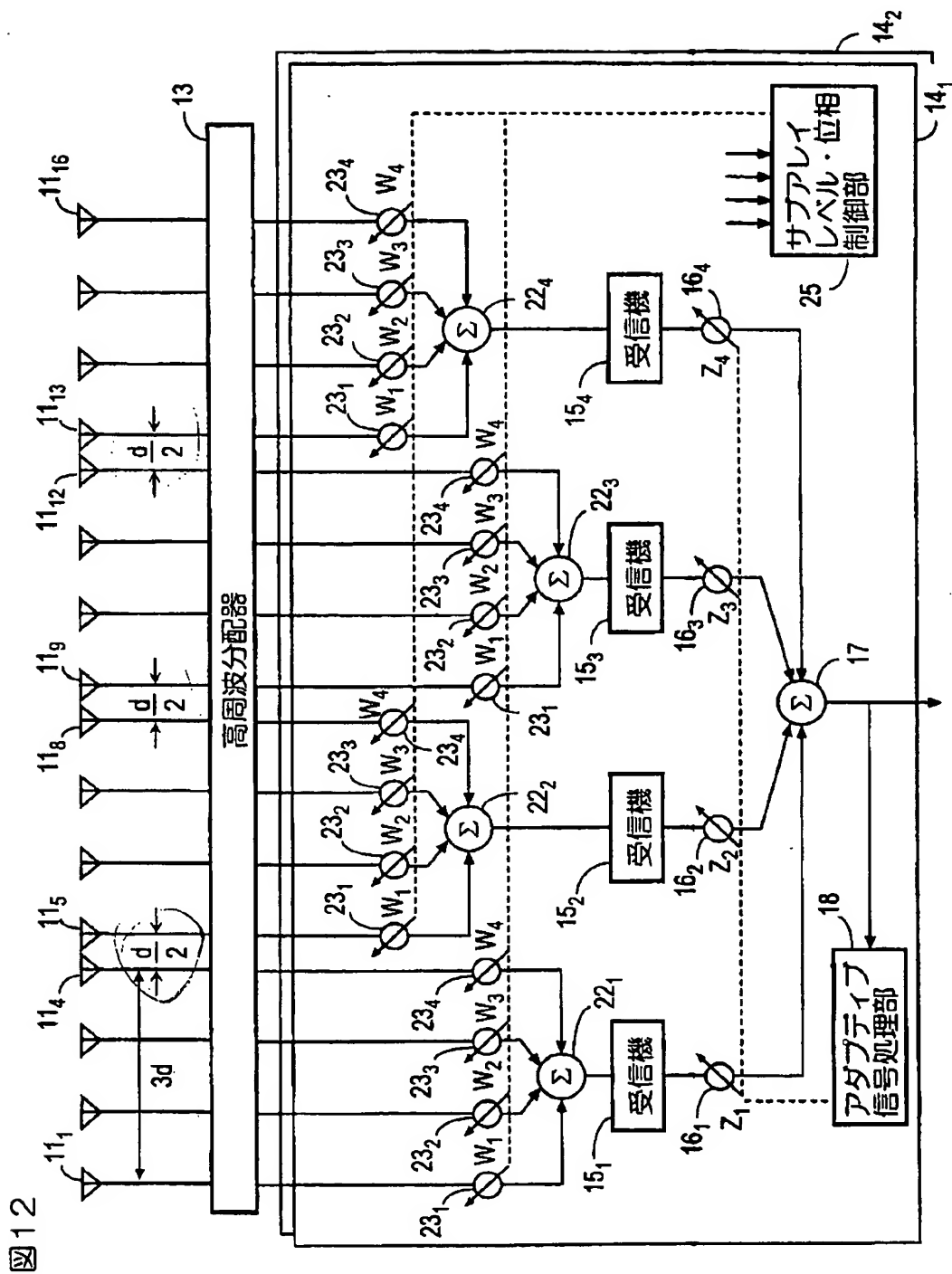
8/18

図 10



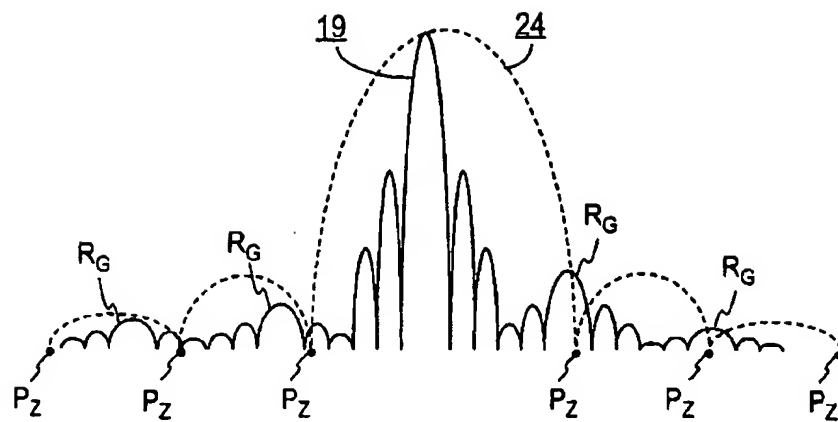
9/18





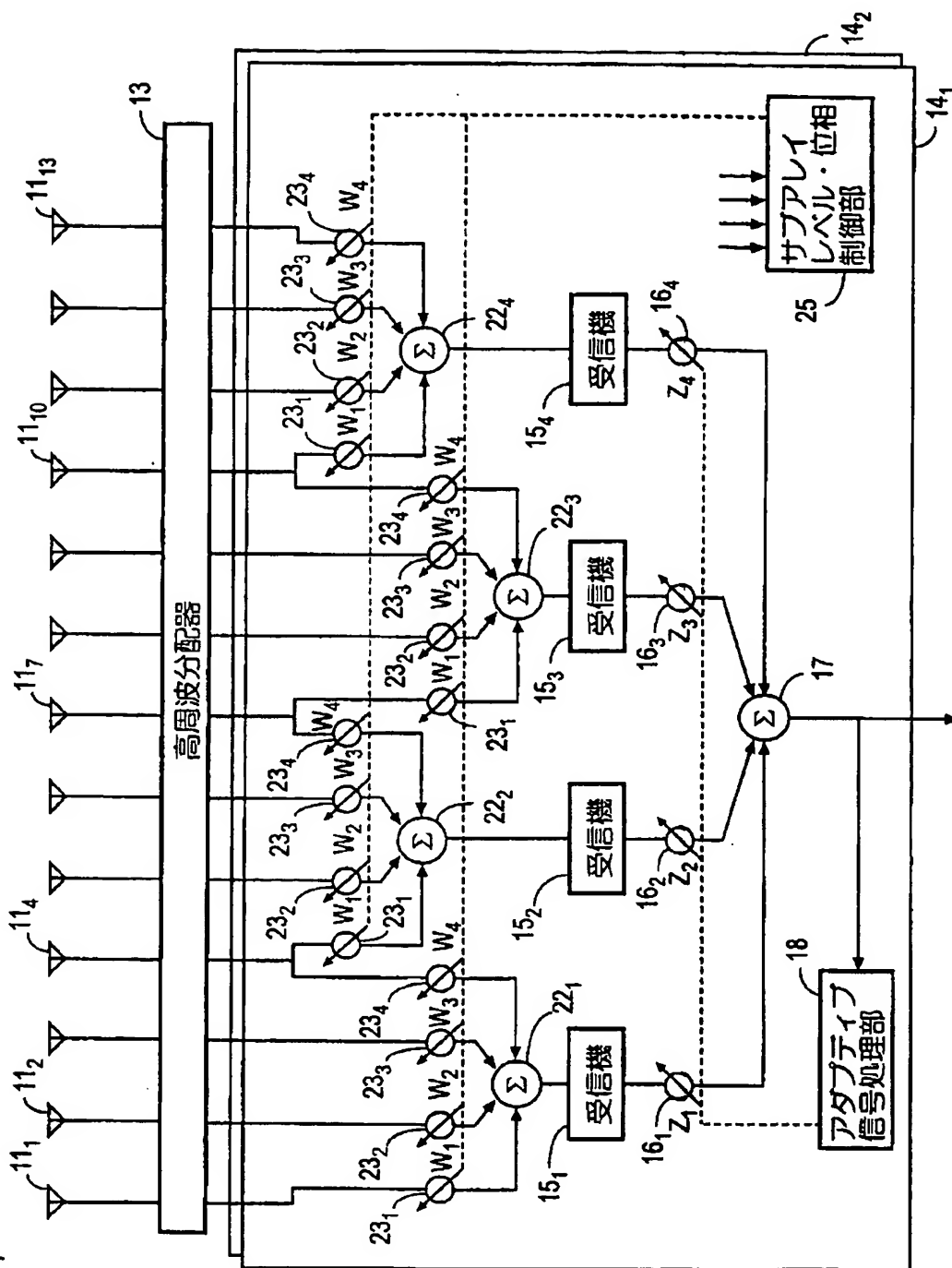
11/18

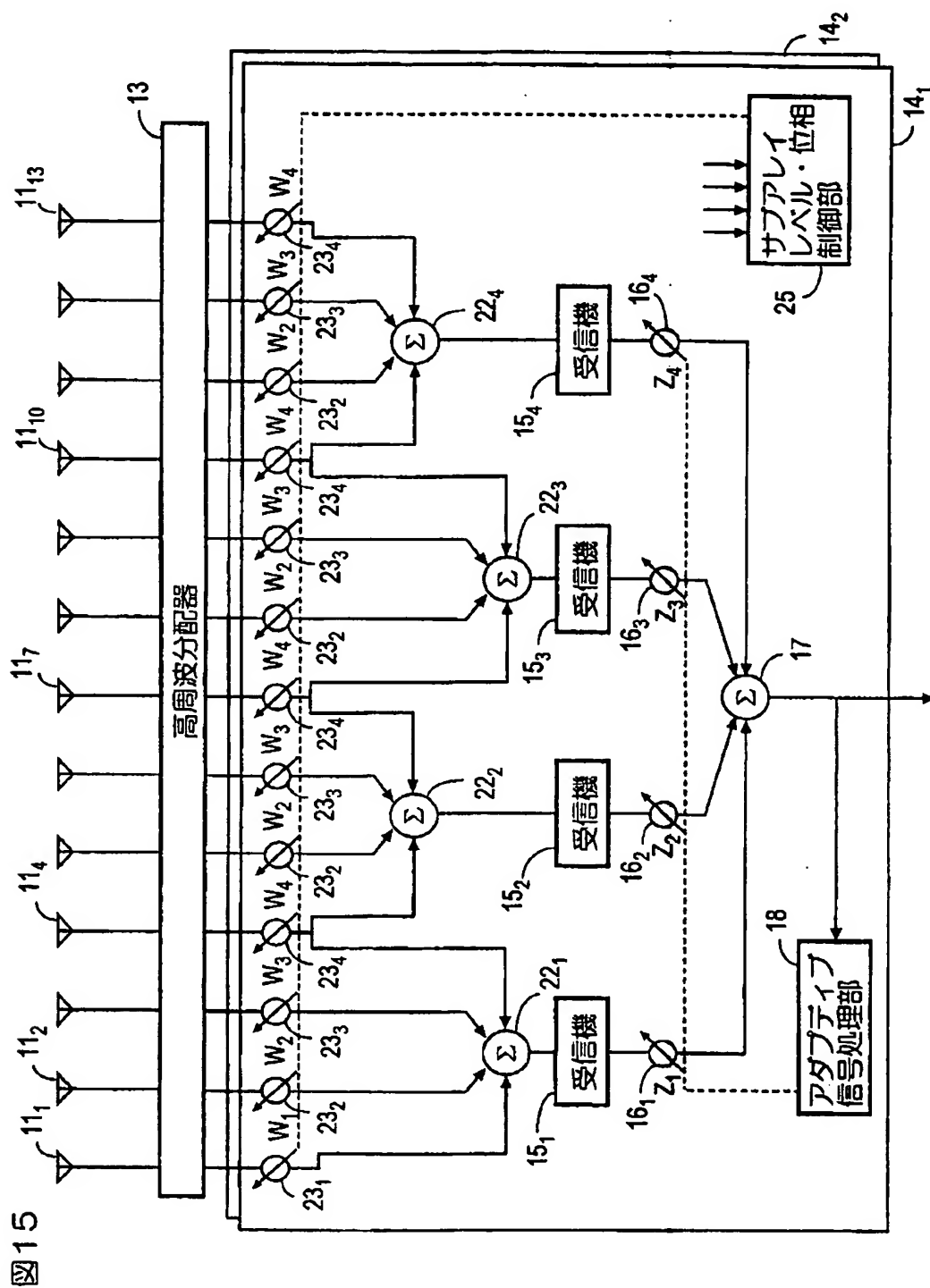
13



12/18

図14





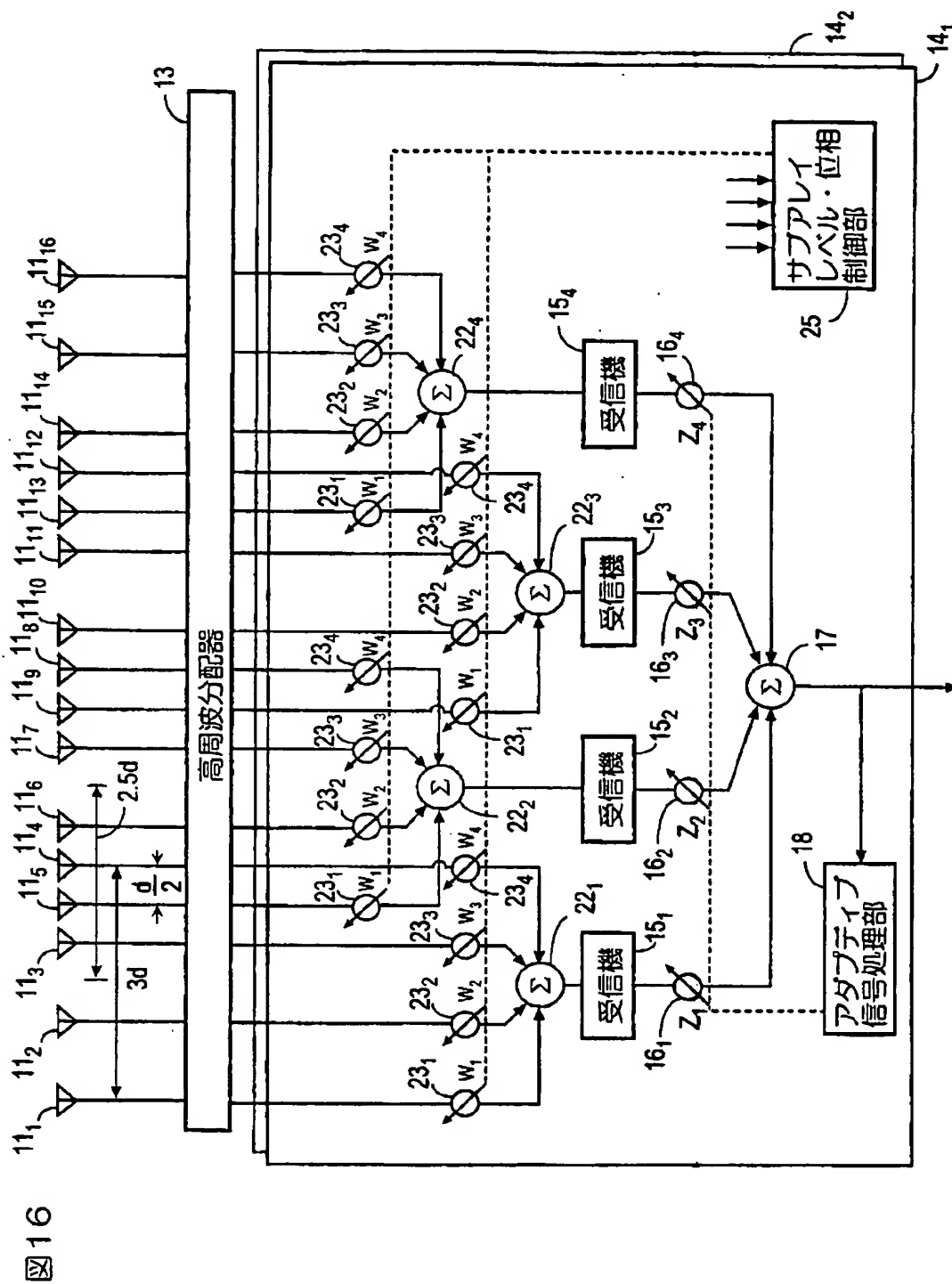
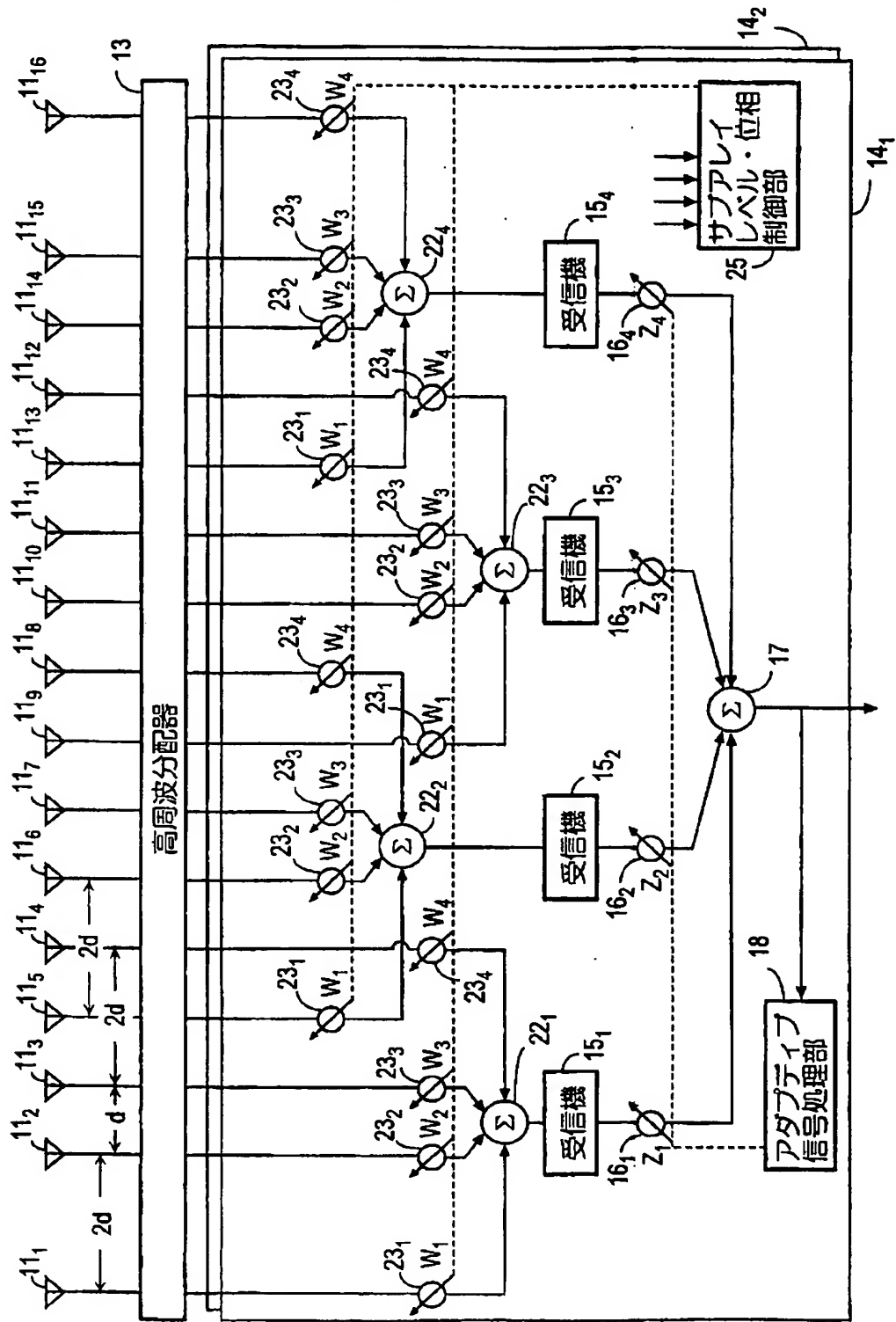
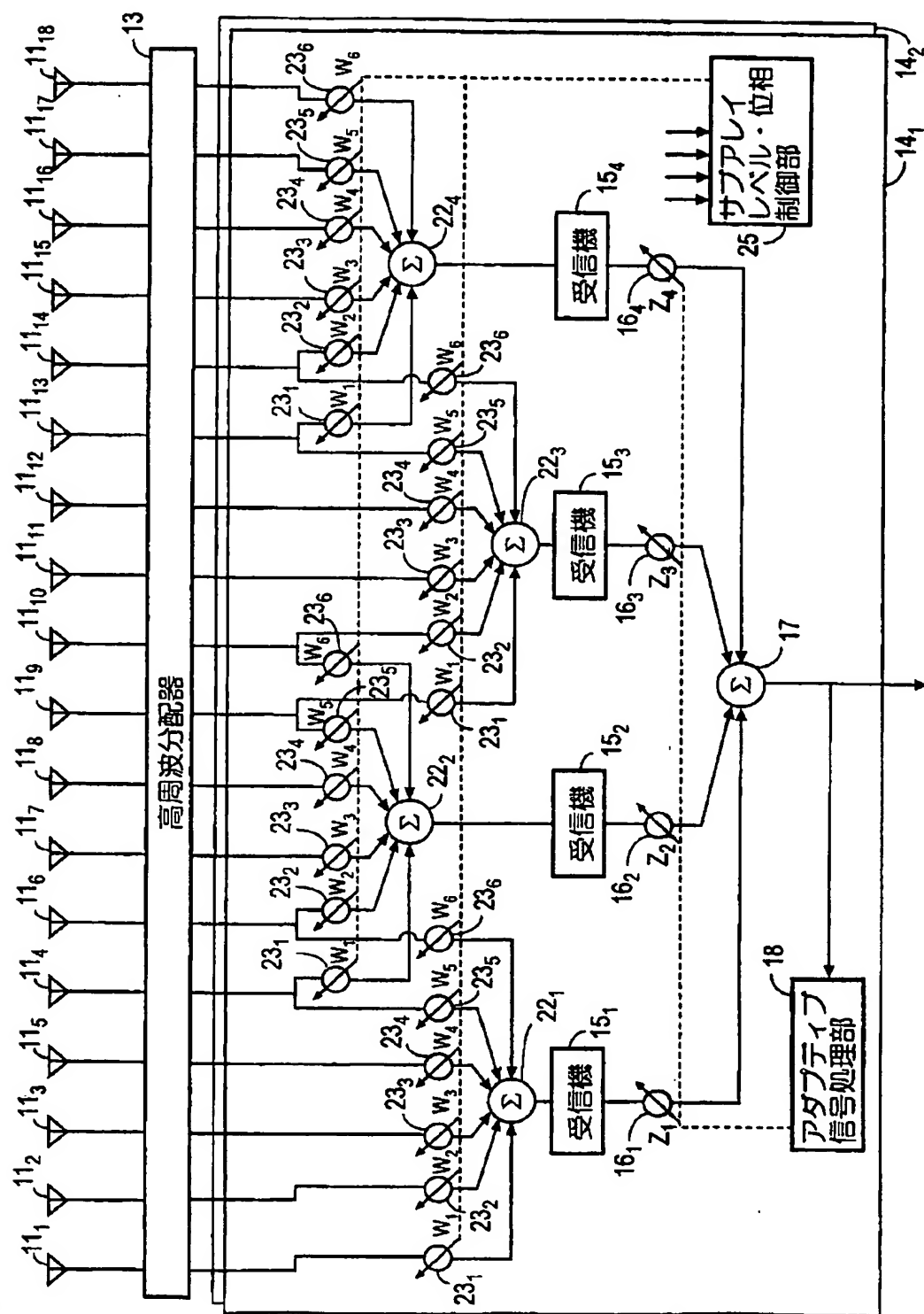


図 17



16/18

図18



17/18

図19

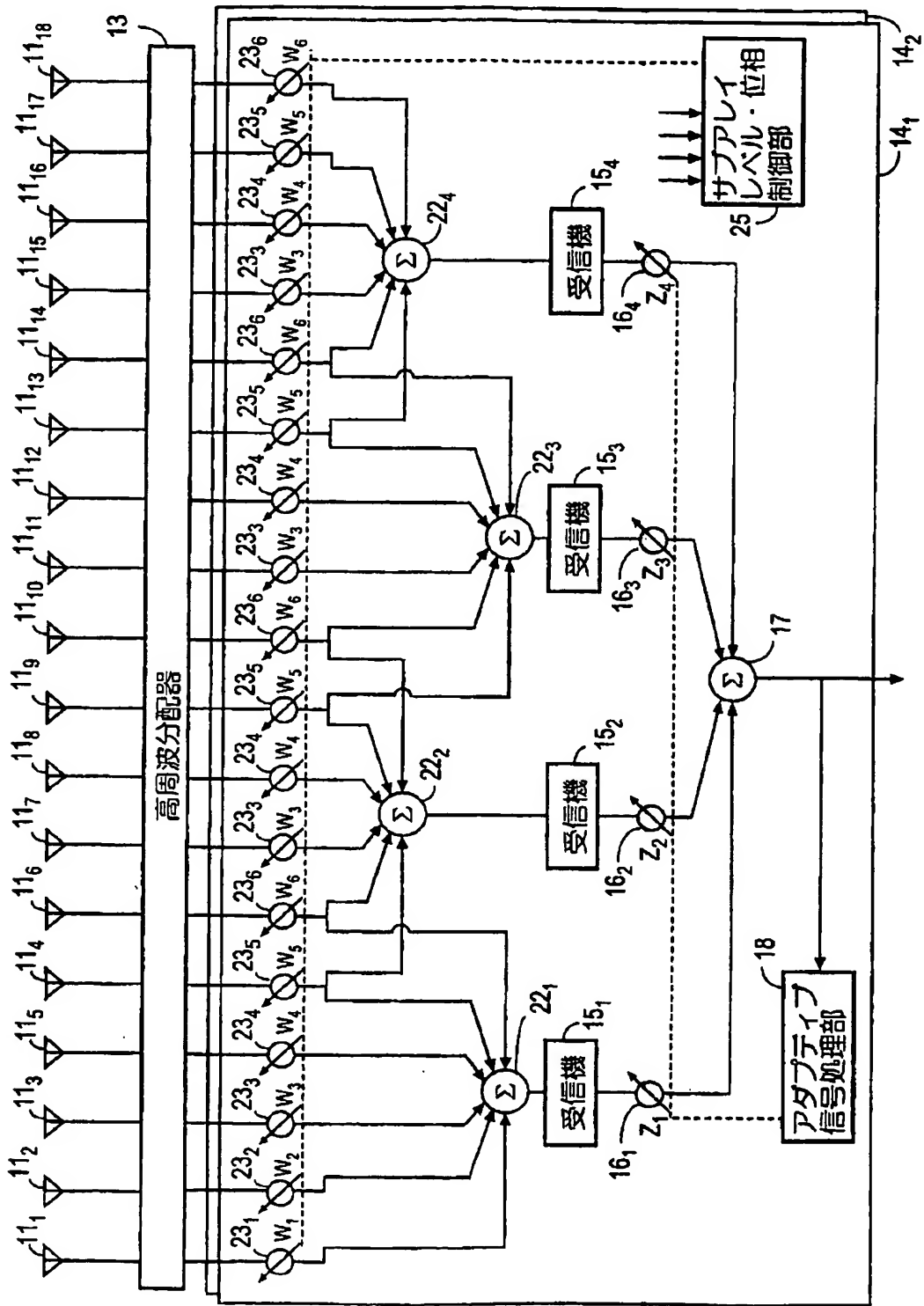


図 20

